

CA1 EP 53075E02

Canada. EPS. APCD.

Report EPS 1-AP-75-2

STANDARD REFERENCE METHODS FOR SOURCE TESTING:

MEASUREMENTS OF OPACITY OF EMISSIONS FROM STATIONARY
SOURCES. 1977.

CA 1 EP53075E02



Standard Reference Methods for Source Testing: Measurement of Opacity of Emissions from Stationary Sources



Earth Sciences Library

Regulations, Codes and Protocols
Report EPS 1-AP-75-2

Air Pollution
Control Directorate
November 1977

ENVIRONMENTAL PROTECTION SERVICE REPORT SERIES

Reports pertaining to Regulations, Codes, and Protocols describe current legislation and administrative approaches favoured by the Environmental Protection Service.

Other categories in the EPS series include such groups as Policy and Planning; Economic and Technical Review; Technology Development; Surveillance; Briefs and Submissions to Public Inquiries; and Environmental Impact and Assessment.

Inquiries pertaining to Environmental Protection Service Reports should be directed to the Environmental Protection Service, Department of the Environment, Ottawa K1A 1C8, Ontario, Canada.

**STANDARD REFERENCE METHODS FOR SOURCE TESTING: MEASUREMENT OF OPACITY
OF EMISSIONS FROM STATIONARY SOURCES**

Air Pollution Control Directorate
Environmental Protection Service

Report EPS 1-AP-75-2
November 1977

© Minister of Supply and Services Canada 1978

Cat. No.: EN 42-1/75-2

ISBN—0-662-01466-9

FOREWORD

The test methods (transmissometry and trained observer) presented in this report are used to determine the opacity of visible emissions from stationary sources.

TABLE OF CONTENTS

	PAGE
FOREWORD	i
LIST OF TABLES	iii
LIST OF FIGURES	iii
1 METHOD A: VISUAL DETERMINATION OF THE OPACITY OF EMISSIONS FROM STATIONARY SOURCES	1
1.1 Principle	1
1.2 Applicability	1
1.3 Range and Sensitivity	1
1.4 Interference from Condensed, Uncombined Water	1
1.5 Procedures	1
1.6 Calculations	3
2 METHOD B: TRANSMISSOMETER SYSTEMS FOR CONTINUOUS MEASUREMENT OF OPACITY	3
2.1 Principle	3
2.2 Applicability	3
2.3 Definitions	7
2.4 Apparatus	8
2.5 Installation Specifications	9
2.6 Optical Design Specifications	10
2.7 Determination of Conformity with Design Specifications	10
2.8 Continuous Monitoring System Performance Specifications	11
2.9 Calculations	17
APPENDIX QUALIFICATION AND TESTING OF OBSERVERS	21
REFERENCES	27
BIBLIOGRAPHY	27

LIST OF TABLES

TABLE		PAGE
1	SPAN VALUE VS. CALIBRATED OPTICAL DENSITY	9
2	PERFORMANCE SPECIFICATIONS FOR OPACITY MEASUREMENT SYSTEMS	12
3	VALUES FOR $t_{.975}$	18
A-1	SMOKE METER DESIGN AND PERFORMANCE SPECIFICATIONS	24

LIST OF FIGURES

FIGURE		
1	FIELD DATA SHEET	2
2	STRUCTURE OF A PLUME	4
3	OBSERVATIONAL RECORD SHEET	5
4	CALIBRATION ERROR TEST	13
5	DATA SHEET FOR SYSTEM RESPONSE TEST	14
6	ZERO AND CALIBRATION DRIFT TEST	16



Digitized by the Internet Archive
in 2025 with funding from
University of Toronto

<https://archive.org/details/31761056868961>

1 METHOD A - VISUAL DETERMINATION OF THE OPACITY OF EMISSIONS FROM STATIONARY SOURCES

1.1 Principle

The opacity of emissions from stationary sources is determined visually by a qualified observer.

1.2 Applicability

This method is used to determine the opacity of emissions from stationary sources and to qualify observers in the visual determination of emission opacity.

1.3 Range and Sensitivity

An observer qualified in accordance with the procedure in the Appendix is able to assign to plumes opacity readings from 0% to 100% in 5% increments, with an error not exceeding 15% opacity on any one reading and an average error not exceeding 7.5% opacity in each category of readings.

1.4 Interference from Condensed, Uncombined Water

Opacity readings of portions of plumes that contain condensed, uncombined water vapour shall not be used to determine compliance with opacity standards.

1.5 Procedures

Determinations should be made by an observer qualified in accordance with the procedure in the Appendix.

1.5.1 Position. Stand at a distance that provides a clear view of the emissions with the sun oriented in the 140° sector to your back. Make observations from a position such that your line of vision is, as nearly as possible, perpendicular to the plume direction and, when observing the opacity of emissions from rectangular outlets (e.g., roof monitors), open baghouses, approximately perpendicular to the longer axis of the outlet. The line of sight should not include more than one plume when multiple stacks are involved,

1.5.2 Field Records. Record on a field data sheet (Figure 1) the name of the plant, emission location, type of facility, observer's name and affiliation, and the date. At the time opacity readings are initiated and completed, record the time, estimated distance to the emission location, approximate wind direction, estimated wind speed, description of the sky condition (presence and colour of clouds), and plume background.

RECORD OF VISUAL DETERMINATION OF OPACITY

Page _____ of _____

DATE _____	POINT OF EMISSIONS _____
COMPANY _____	HEIGHT OF DISCHARGE POINT _____
LOCATION _____	HOURS OF OBSERVATION _____
TEST NUMBER _____	OBSERVER _____
TYPE FACILITY _____	OBSERVER CERTIFICATION DATE _____
CONTROL DEVICE _____	OBSERVER AFFILIATION _____

Record the following information prior to and upon completion of observations at each source. If observations are made over an extended period of time, additional recordings should be made as applicable.

CLOCK TIME: INITIAL _____ a.m. FINAL _____ a.m.
 _____ p.m. _____ p.m.

OBSERVER LOCATION

Distance to discharge _____
Direction from discharge _____
Height of observation point _____

BACKGROUND DESCRIPTION

WEATHER CONDITIONS

Wind direction _____
Wind speed _____
Ambient temperature _____

SKY CONDITIONS

(clear, overcast, cloudy, etc.)

PLUME DESCRIPTION

Colour _____
Distance visible _____

MINUTES OF NONCOMPLIANCE

FIGURE 1 FIELD DATA SHEET

1.5.3 Observations. Make opacity observations at the point of greatest opacity in a portion of the plume where there is no condensed water vapour. Do not look continuously at the plume, but observe it momentarily at 15-second intervals.

1.5.3.1 Attached Steam Plumes (Figure 2). When condensed water vapour is present within the plume as it emerges from the emission outlet, make opacity observations beyond that point in the plume where condensed water vapour is no longer visible. Record the approximate distance from the emission outlet to the point at which the observations are made.

1.5.3.2 Detached Steam Plumes (Figure 2). When water vapour in the plume condenses and becomes visible away from the emission outlet, the opacity of emissions should be evaluated at the emission outlet prior to condensation of water vapour.

1.5.4 Recording Observations. Record opacity observations to the nearest 5% at 15-second intervals on an observational record sheet (Figure 3). A minimum of 24 observations are required. Each momentary observation recorded represents the average opacity of emissions for a 15-second period.

1.6 Calculations

Opacity is determined as an average of 24 consecutive observations recorded at 15-second intervals. Sets of 24 observations need not be consecutive in time but must not overlap. Calculate and record the average opacity for each set of observations.

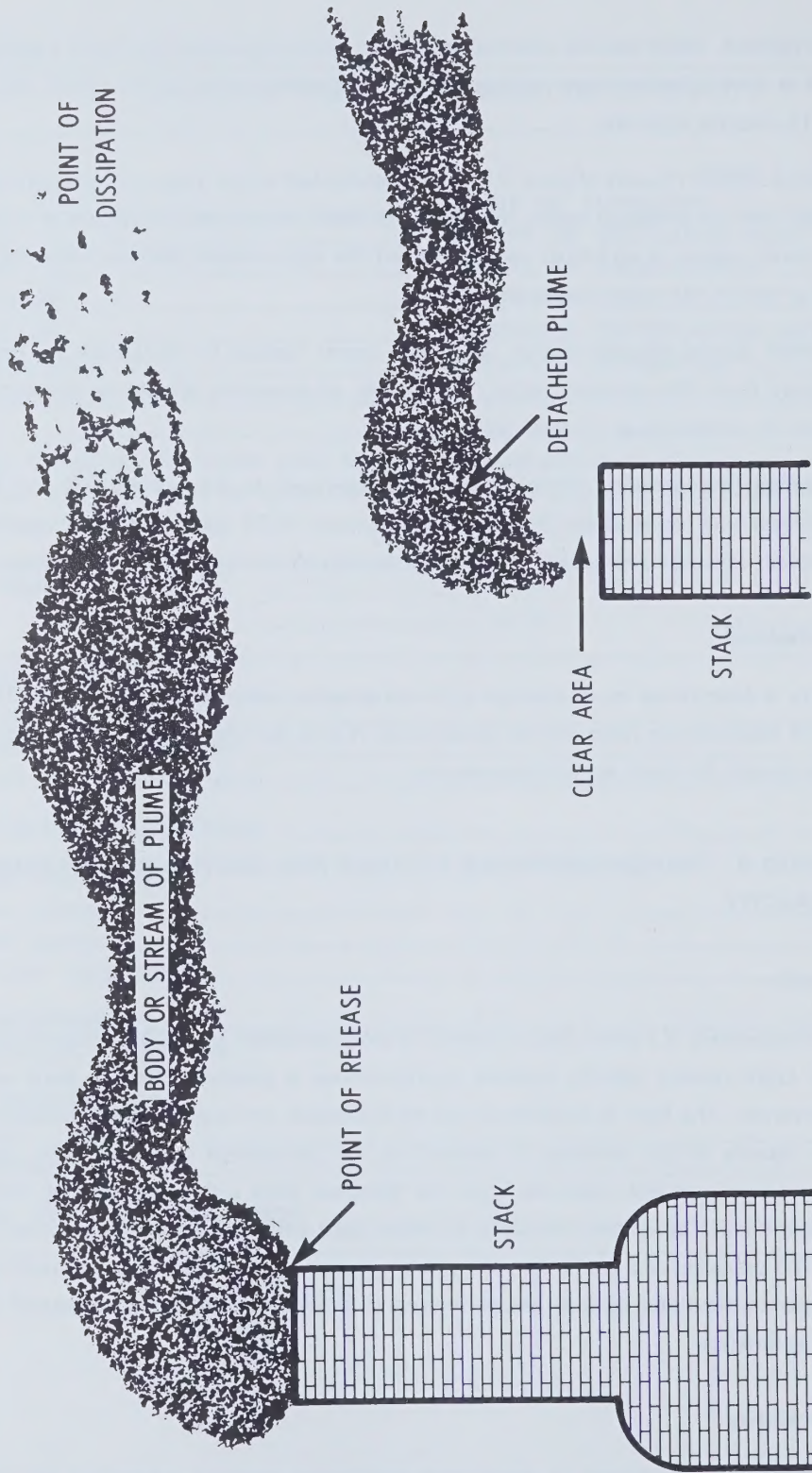
2 METHOD B - TRANSMISSOMETER SYSTEMS FOR CONTINUOUS MEASUREMENT OF OPACITY

2.1 Principle

Transmissometry is a direct measurement of the attenuation of visible radiation (opacity) by particulate matter. Light having specific spectral characteristics is projected from a lamp across the emission to a light sensor. The light is attenuated due to absorption and scatter by particulate matter in the emission. The opacity of the emission is defined as the percentage of visible light attenuated. Transparent stack emissions do not attenuate light and therefore have a transmittance of 100% or an opacity of 0%. Opaque stack emissions attenuate all visible light and have a transmittance of 0% or an opacity of 100%. The precision of a continuous monitoring system is evaluated by use of neutral density filters. Tests of a transmissometer system are performed to determine zero drift, calibration drift, and response time characteristics.

2.2 Applicability

This method is applicable to continuous monitoring systems measuring the opacity of emissions. Specifications for continuous measurement of visible emissions are given in terms of design, performance, and installation parameters. These specifications contain test procedures, installation



GENERAL STRUCTURE OF ATTACHED AND DETACHED PLOMES, RESPECTIVELY

FIGURE 2 STRUCTURE OF A PLUME

OBSERVATION RECORD									
								Page _____ of _____	
DATE _____					OBSERVER _____				
COMPANY _____					TYPE FACILITY _____				
LOCATION _____					POINT OF EMISSIONS _____				
TEST NUMBER _____									
Hr	Min	Seconds				Steam plume (check if applicable)		Comments	
		0	15	30	45	Attached	Detached		
	0								
	1								
	2								
	3								
	4								
	5								
	6								
	7								
	8								
	9								
	10								
	11								
	12								
	13								
	14								
	15								
	16								
	17								
	18								
	19								
	20								
	21								
	22								
	23								
	24								
	25								
	26								
	27								
	28								
	29								

FIGURE 3 OBSERVATIONAL RECORD SHEET

OBSERVATION RECORD								
DATE _____						Page _____ of _____		
COMPANY _____				OBSERVER _____				
LOCATION _____				TYPE FACILITY _____				
TEST NUMBER _____				POINT OF EMISSIONS _____				
Hr	Min	Seconds				Steam plume (check if applicable)		Comments
		0	15	30	45	Attached	Detached	
	30							
	31							
	32							
	33							
	34							
	35							
	36							
	37							
	38							
	39							
	40							
	41							
	42							
	43							
	44							
	45							
	46							
	47							
	48							
	50							
	51							
	52							
	53							
	54							
	55							
	56							
	57							
	58							
	59							

FIGURE 3 (CONT.)

requirements and data computation procedures for evaluating the acceptability of continuous monitoring systems, subject to approval by the Minister.

2.3 Definitions

2.3.1 Continuous Monitoring System: Equipment for the continuous determination of opacity in an emission. Continuous monitoring systems consist of the following major subsystems:

2.3.1.1 Sampling Interface: The window or membrane that protects the analyzer from the emission.

2.3.1.2 Analyzer: The portion of the system that senses the transmitted light and generates an output signal that is a function of the pollutant opacity.

2.3.1.3 Data Recorder: The portion of the system that processes the analyzer output to provide a permanent record of opacity.

2.3.2 Transmissometer: The sampling interface and the analyzer.

2.3.3 Span: The value of opacity that corresponds to the maximum data display output. The span is set according to Section 2.4.1.

2.3.4 Calibration Error: The difference between the opacity reading indicated by the continuous monitoring system and the known values of a series of test standards. The test standards are a series of calibrated optical filters or screens.

2.3.5 Zero Drift: The change in output over a stated period of normal continuous operation at zero opacity.

2.3.6 Calibration Drift: The change in output over a stated period of normal continuous operation at a known up-scale value, which should be within the normal operating range of the system.

2.3.7 System Response: The time from a step change in opacity in the stack (at the input to the system) to the time at which 95% of the corresponding final opacity value, is displayed on the data recorder.

2.3.8 Operational Test Period: A minimum time that a continuous monitoring system is expected to operate within certain performance specifications without unscheduled maintenance, repair, or adjustment.

2.3.9 Transmittance: The fraction of incident light transmitted through an optical medium of interest.

2.3.10 Opacity: The fraction of incident light attenuated by an optical medium of interest. Opacity (O) and transmittance (T) are related as follows:

$$O = 1 - T$$

2.3.11 Optical Density: A logarithmic measure of the amount of light attenuated by an optical medium of interest. Optical density (D) is related to transmittance and opacity as follows:

$$D = -\log_{10} T$$

$$D = -\log_{10} (1 - O)$$

2.3.12 Peak Optical Response: The wavelength of maximum sensitivity of the instrument.

2.3.13 Mean Spectral Response: The wavelength which bisects the total area under the curve obtained pursuant to Section 2.9.3.1.

2.3.14 Angle of View: The maximum (total) angle of radiation seen by the photodetector assembly of the analyzer.

2.3.15 Angle of Projection: The maximum (total) angle that contains 95% of the radiation projected from the lamp assembly of the analyzer.

2.3.16 Pathlength: The depth of emission in the light beam between the receiver and the transmitter of a single-pass transmissometer, or the depth of emission between the transceiver and reflector of a double-pass transmissometer. Two pathlengths are defined:

2.3.16.1 Monitor Pathlength: The depth of emission at the point where the continuous monitoring system is installed.

2.3.16.2 Emission Outlet Pathlength: The depth of emission at the point where emissions are released to the atmosphere.

2.4 Apparatus

2.4.1 Calibrated Filters. Optical filters with neutral spectral characteristics and known optical densities to visible light, or screens known to produce specified optical densities, are required. Calibrated filters with accuracies certified by the manufacturer to within $\pm 3\%$ must be used. Low-, mid- and high-range filters with nominal optical densities are required in order to span the transmissometer at the opacity levels given in Table 1.

It is recommended that filter calibrations be checked with a well-collimated photopic transmissometer of known linearity prior to use. The filters must be large enough to attenuate the entire light beam of the transmissometer.

2.4.2 Data Recorder. Analog chart recorder or other suitable device with input voltage range compatible with the measurement system output. The resolution of the recorder's data output must be sufficient to allow completion of the test procedures within the method.

2.4.3 Opacity Measurement System. An in-stack transmissometer (folded or single path) with the optical design specifications designated in Section 2.7.1, associated control units and apparatus to keep optical surfaces clean.

TABLE 1 SPAN VALUE VS. CALIBRATED OPTICAL DENSITY

Span value (percent opacity)	Calibrated filter optical densities with equivalent opacity in parenthesis		
	Low	Mid	High
50	0.1(20)	0.2(37)	0.3(50)
60	0.1(20)	0.2(37)	0.3(50)
70	0.1(20)	0.3(50)	0.4(60)
80	0.1(20)	0.3(50)	0.6(75)
90	0.1(20)	0.4(60)	0.7(80)
100	0.1(20)	0.4(60)	0.9(87 1/2)

2.5 Installation Specifications

2.5.1 Location. The transmissometer must be located across a section of duct or stack that will provide a particulate matter flow through the optical volume of the transmissometer representative of the particulate matter flow through the duct or stack. It is recommended that the monitor pathlength include the entire width or diameter of the duct or stack. Installations with a shorter pathlength must be used with caution in determining a measurement location representative of the particulate matter flow through the duct or stack.

2.5.1.1 The transmissometer location must be downstream from all particulate control equipment.

2.5.1.2 The transmissometer must be located as far from bends and obstructions as practical.

2.5.1.3 A transmissometer located in the duct or stack following a bend should, where possible, be installed in the plane defined by the bend.

2.5.1.4 The transmissometer should be installed in an accessible location.

2.5.1.5 When specified by the Minister, the owner or operator of a source must demonstrate that the transmissometer is located in a section of duct or stack where a uniform or representative particulate matter distribution exists. This determination shall be made by examining the opacity profile of the emission at a series of positions across the duct or stack while the plant is in operation at maximum or reduced operating rates or by other tests acceptable to the Minister.

2.5.2 Slotted Tube. Installations that require the use of a slotted tube shall use one of such size and blackness so as not to interfere with the free flow of the emission through the entire

optical volume of the transmissometer or reflect light into the transmissometer photodetector. Light reflections may be prevented by using blackened baffles within the slotted tube to prevent the lamp radiation from impinging upon the tube walls, by restricting the angle of projection of the light and the angle of view of the photodetector assembly to less than the cross-sectional area of the slotted tube, or by other methods. The owner or operator must show that the manufacturer of the monitoring system has used appropriate methods to minimize light reflection for systems using slotted tubes.

2.5.3 Data Recorder Output. The continuous monitoring system output should permit expanded display of the span opacity on a standard 0% to 100% scale. Since all opacity standards are based on the opacity of the emission exhausted to the atmosphere, the system output should be based upon the emission outlet pathlength and permanently recorded. For sources where the monitor pathlength differs from the emission outlet pathlength, a graph should be provided to show the relationships between, (1) the recorded opacity based upon the emission outlet pathlength and, (2) the opacity of the effluent at the analyzer location (monitor pathlength). Tests for measurement of opacity are based upon the monitor pathlength. The graph necessary for conversion of the data recorder output to a monitor pathlength basis shall be established as follows:

$$\log (1 - O_1) = (D_1/D_2) \log (1 - O_2)$$

where O_1 = opacity of the effluent based upon D_1
 O_2 = opacity of the effluent based upon D_2
 D_1 = emission outlet pathlength
 D_2 = monitor pathlength

2.6 Optical Design Specifications

The optical design specifications in Section 2.7.1 must be met for a measurement system to comply with the requirements of this method.

2.7 Determination of Conformity with Design Specifications

2.7.1 Design Specifications. The continuous monitoring system for measurement of opacity must be demonstrated to conform to the design specifications given below:

2.7.1.1 Peak Spectral Response. The peak spectral response should occur between 500 nm and 600 nm. Response at any wavelength below 400 nm or above 700 nm should be less than 10% of the peak response.

2.7.1.2 Mean Spectral Response. The mean spectral response should occur between 500 nm and 600 nm.

2.7.1.3 Angle of View. The total angle of view should be no greater than 5 degrees.

2.7.1.4 *Angle of Projection.* The total angle of projection should be no greater than 5 degrees.

2.7.2 ***Demonstration of Conformity.*** Conformity with the requirements of Section 2.7.1 may be demonstrated by the owner or operator of a facility or by the manufacturer of the opacity measurement system. Where conformity is demonstrated by the manufacturer, certification that the tests were performed, description of test procedures and test results should be provided by the manufacturer. If the source owner or operator demonstrates conformity, the procedures used and results obtained shall be reported.

2.7.3 ***Test Procedures.*** The general test procedures to be followed to demonstrate conformity with the requirements of Section 2.7.1 are given below. (These procedures will not be applicable to all designs and will require modification in some cases. Where analyzer and optical design are certified by the manufacturer to conform with the specified angle of view or angle of projection the respective procedures may be omitted).

2.7.3.1 *Spectral Response:* Obtain spectral data for detector, lamp, and filter components used in the measurement system from their respective manufacturers.

2.7.3.2 *Angle of View:* Set up the receiver as specified by the manufacturer. Draw an arc with radius of 3 m. Measure the receiver response to a small (less than 3 cm) non-directional light source at 5-cm intervals on the arc for 26 cm on either side of the detector centreline. Repeat the test in the vertical direction.

2.7.3.3 *Angle of Projection:* Set up the projector as specified by the manufacturer. Draw an arc with a radius of 3 m. Using a small (less than 3 cm) photoelectric light detector, measure the light intensity at 5-cm intervals on the arc for 26 cm on either side of the light source centreline of projection. Repeat the test in the vertical direction.

2.8 Continuous Monitoring System Performance Specifications

2.8.1 ***Specifications.*** The continuous monitoring system must meet the performance specifications listed in Table 2 to be considered acceptable under this method.

2.8.2 ***Test Procedures.*** The following test procedures are used to determine conformity with the performance specifications in Table 2.

2.8.2.1 *Calibration Error and Response Time Test.* These tests are to be performed prior to installation of the system on the stack and may be performed at the affected facility or at other locations, provided that proper notification is given. Set up and calibrate the measurement system, as specified by the manufacturer's written instructions, for the monitor pathlength to be used in the installation. Span the analyzer as specified in Section 2.4.1.

Calibration Error Test. Insert a series of calibration filters in the transmissometer path at the midpoint. A minimum of three calibration filters (low-, mid- and high-range) selected in accordance with Table 1 and calibrated within 3% must be used. Make a total of five

TABLE 2 PERFORMANCE SPECIFICATIONS FOR OPACITY MEASUREMENT SYSTEMS

Parameter	Specifications
Calibration error	$\leq 3\%$ opacity*
Zero drift (24 h)	$\leq 2\%$ opacity*
Calibration drift (24 h)	$\leq 2\%$ opacity*
Response time	10 s (maximum)
Operational test period	168 h

* Expressed as sum of absolute mean value plus 95% confidence interval for the test series, calculated according to Section 2.9.2.

non-consecutive readings for each filter. Record the measurement system output readings in percent opacity (Figure 4).

System Response Test. Insert the high-range filter in the transmissometer path five times and record the time required for the system to respond to 95% of final zero and high-range filter values (Figure 5).

2.8.2.2 *Field Test for Zero Drift and Calibration Drift.* Install the continuous monitoring system and perform the following alignments:

Preliminary Alignments. As soon as possible after installation, and once a year thereafter when the facility is not in operation, perform the following optical and zero alignments:

Optical Alignment - Align the light beam from the transmissometer on the optical surfaces located across the emission (i.e., the retroreflector or photodetector as applicable) in accordance with the manufacturer's instructions.

Zero Alignment - Perform zero alignment after the transmissometer has been optically aligned, the transmissometer mounting is mechanically stable (i.e., there is no movement of the mounting due to thermal contraction of the stack, duct, etc.) and a clean stack condition has been determined by a steady zero opacity condition. This alignment is made by balancing the continuous monitor system response so that any simulated zero check coincides with an actual zero check performed across the monitor pathlength of the clean stack.

CALIBRATED NEUTRAL DENSITY FILTER DATA (See Section 2.8.2.1)			
Low Range _____% opacity Mid Range _____% opacity High Range _____% opacity Span Value _____ % opacity			
Date of Test _____		Location of Test _____	
Run #	Calibrated filter ¹	Analyzer reading % opacity	Differences ² % opacity
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
Mean difference Confidence interval Calibrated error = Mean Difference ³ + C.I.			Low _____ _____ _____
			Mid _____ _____ _____
			High _____ _____ _____

¹Low, mid or high range

²Calibration filter opacity – analyzer reading

³Absolute value

FIGURE 4 CALIBRATION ERROR TEST

Date of test _____

Location _____

Span filter _____ % opacity

Analyzer span setting _____ % opacity

Upscale

1 _____ seconds

2 _____ seconds

3 _____ seconds

4 _____ seconds

5 _____ seconds

Downscale

1 _____ seconds

2 _____ seconds

3 _____ seconds

4 _____ seconds

5 _____ seconds

Average response _____ seconds

FIGURE 5 DATA SHEET FOR SYSTEM RESPONSE TEST

Span - Span the continuous monitoring system at the opacity specified in Section 2.4.1 and offset the zero setting at least 10% of the span so that negative drift can be quantified.

Final Alignments. After the preliminary alignments have been completed and the facility has been started up and reaches normal operating temperature, recheck the preliminary alignments. If the alignment has shifted, realign the optics, record any detectable shift in the opacity measured by the system that can be attributed to the optical realignment, and notify the Minister. This condition may not be objectionable if the facility operates within a fairly constant, adequately narrow range of operating temperatures that does not produce significant shifts in optical alignment during normal operation of the facility. Where facility operations produce fluctuations in the effluent gas temperature that result in significant misalignments, the Minister may require improved mounting structures or relocation of the transmissometer.

Conditioning Period. After completing the post-startup alignments, operate the system normally for an initial 168-hour conditioning period.

Operational Test Period. After completing the conditioning period, operate the system for an additional 168 hours retaining the zero offset. The system should monitor the emission at all times except when being zeroed or calibrated. At 24-hour intervals the zero and span shall be checked according to the manufacturer's instructions. The procedures used should involve a system check of the analyzer internal mirrors and all electronic circuitry including the lamp and photodetector assembly, and production of a simulated zero opacity condition and a simulated upscale (span) opacity condition, as viewed by the receiver. The manufacturer's written instructions may be used if they are as stringent as these procedures. Zero and span the transmissometer, clean all optical surfaces exposed to the emission, realign optics and make any adjustments to the calibration of the system daily. These zero and calibration adjustments and optical realignments are allowed only at 24-hour intervals or at such shorter intervals as the manufacturer's written instructions specify. Automatic corrections made by the measurement system without operator intervention are allowable at any time. The magnitude of any zero or span drift adjustments shall be recorded. During the operational test period, record the following at 24-hour intervals:

- a) the zero reading and span readings after the system is calibrated (these readings should be set at the same value at the beginning of each 24-hour period);
- b) the zero reading after each 24 hours of operation, but before cleaning and adjustment;
- c) the span reading after cleaning and zero adjustment, but before span adjustment (Figure 6).

*Absolute value

FIGURE 6 ZERO AND CALIBRATION DRIFT TEST

2.9 Calculations

2.9.1 Mean Value of Data Set.

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

where $\bar{x}$ = mean value of data set
 x_i = individual values of data set
 Σ = sum of the individual values
 n = number of individual data points

2.9.2 Two-sided 95% Confidence Interval of the Average Mean Value

$$C.I._{.95} = \frac{t_{.975}}{n \sqrt{n-1}} \sqrt{n (\Sigma x_i^2) - (\Sigma x_i)^2}$$

where $C.I._{.95}$ = 95% confidence interval estimate of the average mean value
 Σx_i = sum of individual data points
 $t_{.975}$ = see Table 3 for values

2.9.3 Data Analysis and Reporting

2.9.3.1 Spectral Response: Combine the spectral data obtained in accordance with Section 2.7.3.1 to develop the effective spectral response curve of the transmissometer. Report the wavelength at which the peak response occurs, the wavelength at which the mean response occurs and the maximum response at any wavelength below 400 nm and above 700 nm expressed as a percentage of the peak response as required by Section 2.7.2.

2.9.3.2 Angle of View: Using the data obtained in accordance with Section 2.7.3.2, calculate the response of the receiver as a function of viewing angle in the horizontal and vertical directions (26 cm of arc with a radius of 3 m equal 5°). Report relative angle of view curves as required in Section 2.7.2.

2.9.3.3 Angle of Projection: Using the data obtained in accordance with Section 2.7.3.3 calculate the response of the photoelectric detector as a function of projection angle in the horizontal and vertical directions. Report relative angle of projection curves as required in Section 2.7.2.

2.9.3.4 Calibration Error: Using the data from Section 2.8.2.1 (Figure 4), subtract the known filter opacity value from the value shown by the measurement system for each of the 15 readings. Calculate the mean and 95% confidence interval of the five difference values at each test filter value according to Sections 2.9.1 and 2.9.2. Report the sum of the absolute mean difference and the 95% confidence interval for each of the three test filters.

TABLE 3 VALUES FOR $t_{.975}$

n	$t_{.975}$
2	12.706
3	4.303
4	3.182
5	2.776
6	2.571
7	2.447
8	2.365
9	2.306
10	2.262
11	2.228
12	2.201
13	2.179
14	2.160
15	2.145
16	2.131

The values in this table are already corrected for $n-1$ degrees of freedom.
Use n equal to the number of samples as data points.

2.9.3.5 Zero Drift: Using zero opacity values measured every 24 hours during the field test (Section 2.8.2.2), calculate the differences between zero point after cleaning, aligning, and adjustment, and the zero value 24 hours later just prior to cleaning, aligning and adjustment. Calculate the mean value of these points and the confidence interval according to Sections 2.9.1 and 2.9.2. Report the sum of the absolute mean value and the 95% confidence interval.

2.9.3.6 Calibration Drift: Using the span value measured every 24 hours during the field test, calculate the differences between the span value after cleaning, aligning and adjustment of zero and span, and the span value 24 hours later just after cleaning, aligning, and adjustment of zero and before adjustment of span. Calculate the mean value of these points and the confidence interval according to Sections 2.9.1 and 2.9.2. Report the sum of the absolute mean value and the confidence interval.

2.9.3.7 Response Time: Using the data from Section 2.8.2.1, calculate the time interval from filter insertion to 95% of the final stable value for all up-scale and down-scale traverses. Report the mean of the 10 up-scale and down-scale test times.

2.9.3.8 Operational Test Period: During the 168-hour operational test, the continuous monitoring system should not require any corrective maintenance, repair, replacement, or adjustment other than that clearly specified in the manufacturer's operation and maintenance manuals as routine during a 1-week period. If the system is operated within the specified performance parameters and does not require corrective maintenance, repair, replacement or adjustment, other than that specified above during the test period, the operational test can be successfully concluded. Failure of the continuous monitoring system to meet these requirements necessitates a repetition of the 168-hour test. Portions of the test which were satisfactorily completed need not be repeated. Failure to meet any performance specification(s) calls for a repetition of the 1-week operational test and that specific portion of the test required by Section 2.8.2 related to demonstrating compliance with the failed specification. All maintenance and adjustments required shall be recorded. Output readings must be recorded before and after all adjustments.

APPENDIX - QUALIFICATION AND TESTING OF OBSERVERS

A-1 PRINCIPLE

Candidates for positions as qualified observers are first familiarized with black and white plumes of known opacity produced by a calibrated smoke generator. They are then required to demonstrate proficiency in assigning opacity readings to black and white plumes presented during a certification test.

A-2 CERTIFICATION REQUIREMENTS

To receive certification as a qualified observer, a candidate must be able to assign opacity readings in 5% increments to 25 different black plumes and 25 different white plumes, with an error not exceeding 15% opacity on any one reading and an average error not exceeding 7.5% opacity in each category. Candidates shall be tested according to the procedures described in Section A-4.4. Smoke generators must be equipped with a smoke meter that meets the requirements of Section A-3.

Certification is valid for only 6 months, after which the qualification procedure must be repeated in order to retain certification.

A-3 APPARATUS

Smoke Generator. Any smoke generator used for observer training and testing should be equipped with a smoke meter installed to measure opacity across the diameter of the smoke generator stack. The smoke meter output must display in-stack opacity based upon a pathlength equal to the stack exit diameter, on a full 0% to 100% chart recorder scale. The smoke meter optical design and performance must meet the specifications shown in Table A-1.

A-4 PROCEDURES

A-4.1 Calibration - General

Calibrate the smoke meter, as prescribed in Section A-4.2 prior to each smoke-reading test. At the completion of each test, check the zero and span drift and if the drift exceeds $\pm 1\%$ opacity, correct the condition before conducting any subsequent test runs. At the time of installation, the smoke meter should be demonstrated to meet the specifications listed in Table A-1. This demonstration must be repeated following any subsequent repair or replacement of the photocell or associated electronic circuitry including the chart recorder or output meter or every 6 months, whichever occurs first.

A-4.2 Calibration Procedure

Calibrate the smoke meter after allowing a minimum warmup of 30 minutes, by alternately producing simulated opacities of 0% and 100%. When stable response at 0% or 100% is noted, adjust

TABLE A-1 SMOKE METER DESIGN AND PERFORMANCE SPECIFICATIONS

Parameter	Specification
Light Source	Incandescent lamp operated at nominal rated voltage
Spectral response of photocell	Photopic (daylight spectral response of the human eye – reference 1)
Angle of view	15° maximum total angle
Angle of projection	15° maximum total angle
Calibration	$\pm 3\%$ opacity, maximum
Zero and span drift	$\pm 1\%$ opacity, 30 min
Response time	≤ 5 s

the smoke meter to produce an output of 0% or 100% as appropriate. Repeat this calibration until stable 0% and 100% readings are produced without adjustment. Simulated 0% and 100% opacity values may be produced by alternately switching the power to the light source on and off, respectively, while the smoke generator is not producing smoke.

A-4.3 Smoke Meter Evaluation

Evaluate smoke meter design and performance as follows:

A-4.3.1 Light Source. Verify from manufacturer's data and from voltage measurements made at the lamp, as installed, that the lamp is operated within $\pm 5\%$ of the nominal rated voltage.

A-4.3.2 Spectral Response of Photocell. Verify from manufacturer's data that the photocell has a photopic response; i.e., the spectral sensitivity of the cell closely approximates the standard spectral-luminosity curve for photopic vision given in reference 1.

A-4.3.3 Angle of View. Check construction geometry to ensure that the total angle of view of the smoke plume, as seen by the photocell, does not exceed 15°. The total angle of view may be calculated as follows:

$$\theta = 2 \tan^{-1} (d/2L)$$

where θ = total angle of view

d = sum of photocell diameter + diameter of limiting aperture

L = distance from photocell to limiting aperture

The limiting aperture is the point in the path between the photocell and the smoke plume where the angle of view is most restricted. In smoke generator smoke meters this is normally an orifice plate.

A-4.3.4 Angle of Projection. Check construction geometry to ensure that the total angle of projection of the lamp on the smoke plume does not exceed 15°. The total angle of projection may be calculated as follows:

$$\theta = 2 \tan^{-1} (d/2L)$$

where θ = total angle of projection

d = the sum of the length of the lamp filament + the diameter of the limiting aperture

L = the distance from the filament to the limiting aperture

A-4.3.5 Calibration Error. Using neutral density filters of known opacity, check the error between the actual response and the theoretical linear response of the smoke meter. This check is accomplished by first calibrating the smoke meter according to Section A-4.2 and then inserting a series of three neutral-density filters with nominal opacities of 20%, 50%, and 75% in the smoke meter pathlength. Filters calibrated within $\pm 2\%$ should be used. Care should be taken when inserting the filters to prevent stray light from affecting the meter. Make a total of five non-consecutive readings for each filter. The maximum error on any one reading shall be 3% opacity.

A-4.3.6 Zero and Span Drift. Determine the zero and span drift by calibrating and operating the smoke generator normally for one hour. The drift is measured by checking the zero and span at the end of this time.

A-4.3.7 Response Time. Determine the response time by producing a series of five simulated 0% and 100% opacity values and observing the time required to reach stable response. Opacity values of 0% and 100% may be simulated by alternately switching the power to the light source off and on while the smoke generator is not operating.

A-4.4 Certification Procedure

The certification test consists of showing the candidate a complete run of 50 plumes - 25 black plumes and 25 white plumes - produced by a smoke generator. Plumes within each set of 25 black

and 25 white runs should be presented in random order. The candidate assigns an opacity value to each plume and records his observations on a suitable form. At the completion of each run of 50 readings, the score of the candidate is determined. If a candidate fails to satisfy the requirements stipulated in Section A-2, the complete run of 50 readings must be repeated in any retest.

The test may be administered as part of a smoke school or training program, and may be preceded by training or familiarization runs of the smoke generator during which candidates are shown black and white plumes of known opacity.

REFERENCES

1. Condon, E.U. and Odishaw, H. *Handbook of Physics*, Table 3.1, p.8-52 McGraw - Hill Co. New York, N.Y. (1958).

BIBLIOGRAPHY

U.S. Environmental Protection Agency "Standards of Performance for New Stationary Sources" *Federal Register*, 39 (219) pp. 39872 - 39875 (Nov. 12, 1974).

U.S. Environmental Protection Agency, "Standards of Performance for New Stationary Sources" *Federal Register*, 40 (194) pp. 46259 - 46263 (Oct. 6, 1975).



Pêches
et Environnement
Canada

Fisheries and
Environment
Canada

Service de la
protection de
l'environnement

Environmental
Protection
Service

Méthodes normalisées de référence pour le contrôle de l'opacité des émissions provenant de sources fixes

Règlements, codes et accords
Rapport EPS 1-AP-75-2

Direction générale de la lutte
contre la pollution atmosphérique
Novembre 1977

SÉRIE DE RAPPORTS DU SERVICE DE LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

Les rapports concernant les règlements, les codes et les accords décrivent les lignes de conduite législatives et administratives actuelles, appuyées par le Service de la protection de l'environnement.

Le Service compte d'autres séries de rapports: politiques et planification; révision économique et technique; développement technologique; surveillance; exposés et mémoires découlant d'enquêtes publiques; évaluations et effets environnementaux.

Prière d'envoyer toute demande de renseignements ayant trait aux rapports du Service à l'adresse suivante: Service de la protection de l'environnement, Ministère de l'Environnement, Ottawa, K1A 1C8, Ontario, Canada.

**MÉTHODES NORMALISÉES DE RÉFÉRENCE POUR LE CONTRÔLE DE L'OPACITÉ
DES ÉMISSIONS PROVENANT DE SOURCES FIXES**

Direction générale de la pollution atmosphérique
Service de la protection de l'environnement

Rapport EPS 1-AP-75-2
Novembre 1977

© Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1978

N^o de cat: EN 42-1/75-2

ISBN: 0-662-01466-9

AVANT-PROPOS

Les méthodes exposées dans le présent rapport permettent de déterminer (avec le concours d'un observateur qualifié ou à l'aide d'instruments) l'opacité des émissions provenant de sources fixes.

TABLE DES MATIÈRES

	PAGE
AVANT-PROPOS	i
LISTE DES TABLEAUX	iii
LISTE DES FIGURES	iii
1 MÉTHODE A – DÉTERMINATION VISUELLE DE L'OPACITÉ DES ÉMISSIONS PROVENANT DE SOURCES FIXES	1
1.1 Principe	1
1.2 Application	1
1.3 Plage de mesures et sensibilité	1
1.4 Interférences dues à de la vapeur d'eau condensée non combinée	1
1.5 Marche à suivre	1
1.6 Calculs	3
2 MÉTHODE B – SYSTÈMES DE TRANSMISSIOMÉTRIE POUR LA MESURE EN CONTINU DE L'OPACITÉ	3
2.1 Principe	3
2.2 Application	3
2.3 Définitions	7
2.4 Appareillage	8
2.5 Normes d'installation	9
2.6 Normes de conception des appareils optiques	10
2.7 Détermination de la conformité aux normes de conception	11
2.8 Normes de rendement pour les dispositifs de surveillance en continu	11
2.9 Calculs	16
ANNEXE QUALIFICATION ET EXAMEN DES OBSERVATEURS	21
RÉFÉRENCE	27
BIBLIOGRAPHIE	27

LISTE DES TABLEAUX

		PAGE
1	DÉFLEXION MAXIMALE EN FONCTION DES DENSITÉS OPTIQUES ÉTALONS	9
2	CARACTÉRISTIQUE DES DISPOSITIFS DE SURVEILLANCE DE L'OPACITÉ	12
3	VALEURS DE $t_{.975}$	18
A-1	NORMES RÉGISSANT LA CONCEPTION ET LE RENDEMENT DU FUMIMÈTRE	24

LISTE DES FIGURES

1	FORMULAIRE D'ENREGISTREMENT DES DONNÉES (SUR PLACE)	2
2	TYPES DE PANACHES	4
3	FORMULAIRE D'ENREGISTREMENT DES CONTRÔLES DE L'OPACITÉ	5
4	FORMULAIRE DE CALCUL DE L'ERREUR D'ÉTALONNAGE	13
5	FORMULAIRE DE CALCUL DU TEMPS DE RÉPONSE DU DISPOSITIF	14
6	FORMULAIRE DE CALCUL DE LA DÉRIVE DU ZÉRO ET DE LA DÉRIVE DE L'ÉTALONNAGE	17

1 MÉTHODE A - DÉTERMINATION VISUELLE DE L'OPACITÉ DES ÉMISSIONS PROVENANT DE SOURCES FIXES

1.1 Principe

L'opacité des émissions provenant de sources fixes est déterminée visuellement par un observateur qualifié.

1.2 Application

La méthode A sert à mesurer l'opacité des émissions provenant de sources fixes et est utilisée pour former des observateurs qualifiés à déterminer visuellement l'opacité des émissions.

1.3 Plage de mesures et sensibilité

L'observateur qualifié conformément à la méthode exposée en annexe doit être capable d'évaluer l'opacité d'émissions, de 0 p. 100 à 100 p. 100, par tranches de 5 p. 100, avec une erreur ne dépassant pas 15 p. 100 pour chaque mesure, et avec une erreur moyenne ne dépassant pas 7,5 p. 100 pour chaque catégorie de lectures.

1.4 Interférences dues à de la vapeur d'eau condensée non combinée

Les lectures d'opacité de portions de panaches de fumées qui contiennent de la vapeur d'eau condensée et non combinée ne doivent pas être utilisées pour déterminer la conformité des émissions aux normes d'opacité.

1.5 Marche à suivre

Les mesures doivent être faites par un observateur qualifié conformément aux dispositions de l'annexe.

1.5.1 Position de l'observateur. L'observateur doit se placer à une distance suffisante pour avoir une vue nette des émissions; le soleil doit se trouver dans un secteur de 140° par rapport au dos de l'observateur. Dans la mesure du possible, la ligne de visée de l'observateur sera perpendiculaire à la direction du panache; si les observations portent sur des émissions provenant de sorties rectangulaires (par exemple, des bouches de ventilation situées sur un toit) ou de certains filtres à manche, l'observateur se placera à un endroit qui soit situé à peu près perpendiculairement à l'axe longitudinal du point d'émission. La ligne de visée ne devrait pas traverser plus d'un panache.

1.5.2 Comptes rendus des vérifications. Sur un formulaire à cet effet (figure 1), l'observateur indique son nom, l'organisation à laquelle il appartient (employeur), le nom de l'usine, l'emplacement des émissions, la nature des installations, ainsi que la date. Il indique aussi l'heure du début et de la fin de la vérification, la distance estimative des points d'émission, la direction approximative du vent, sa vitesse estimative, la couverture nuageuse (présence de nuages et leur couleur) et l'arrière-plan du panache.

COMPTE RENDU DU CONTRÔLE VISUEL DE L'OPACITÉ

Page ____ de ____

DATE _____	POINT D'ÉMISSION _____
COMPAGNIE _____	HAUTEUR DU POINT D'ÉMISSION _____
ADRESSE _____	DURÉE DE L'OBSERVATION _____
CONTRÔLE N° _____	OBSERVATEUR _____
TYPE D'INSTALLATIONS _____	DATE DE SA QUALIFICATION _____
DISPOSITIF D'ÉPURATION _____	EMPLOYEUR _____

Inscrire les renseignements suivants avant et après l'observation de chaque point d'émission. Si les observations sont faites sur une longue période, il faut noter des données supplémentaires, s'il y a lieu.

HEURE: DÉBUT	----	:	----	matin	FIN:	----	:	----	matin
	----	:	----	après-midi		----	:	----	après-midi

POSITION DE L'OBSERVATEUR

Distance du point d'émission _____

Direction par rapport au point d'émission _____

Hauteur du point d'observation _____

DESCRIPTION DE L'ARRIÈRE-PLAN

CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES

Direction du vent _____

Vitesse du vent _____

Température de l'air ambiant _____

COUVERTURE NUAGEUSE

(ciel dégagé, couvert, nuageux, etc.)

DESCRIPTION DU PANACHE

Couleur _____

Distance jusqu'à laquelle il est visible _____

NOMBRES DE MINUTES DE DÉROGATION

1.5.3 O-servations. Elles se font dans la partie la plus opaque du panache où il n'y a aucune vapeur d'eau condensée. Elles ne sont pas continues, mais se font à intervalles de 15 secondes.

1.5.3.1 Panaches de fumées contenant de la vapeur d'eau condensée à la sortie (panaches attachés) (figure 2). En présence de vapeur d'eau condensée dans le panache, à son point d'émission, il faut observer l'opacité du panache au point où cette vapeur devient invisible. L'observateur doit noter la distance approximative entre le point d'émission et le point d'observation dans le panache.

1.5.3.2 Panaches de fumées contenant de la vapeur d'eau condensée à une certaine distance de la sortie (panaches détachés) (figure 2). Lorsque la vapeur d'eau se condense et devient visible à une certaine distance du point d'émission, il faut évaluer l'opacité au point d'émission, avant le point de condensation de la vapeur d'eau.

1.5.4 Enregistrement des o-servations. On doit inscrire les mesures d'opacité à 5 p. 100 près, à intervalles de 15 secondes, sur un formulaire (figure 3). Il faut un minimum de 24 observations. Chaque observation représente l'opacité moyenne des émissions pendant une période de 15 secondes.

1.6 Calculs

L'opacité est déterminée en tant que moyenne de 24 observations consécutives, faites à des intervalles de 15 secondes. Les séries de 24 observations n'ont pas besoin de se suivre dans le temps, mais elles ne doivent pas se superposer. Calculer et prendre note de l'opacité moyenne de chaque série d'observations.

2 MÉTHODE B - SYSTÈMES DE TRANSMISSIOMÉTRIE POUR LA MESURE EN CONTINU DE L'OPACITÉ

2.1 Principe

La transmissiométrie est une mesure directe de l'absorption et de la diffusion des rayons visibles par les particules contenues dans la fumée. De la lumière, possédant certaines caractéristiques spectrales, est émise par une lampe à travers l'émission de fumée, en direction d'un détecteur. La lumière est atténuée par l'absorption et la diffusion par les particules en suspension. L'opacité de l'émission se définit comme le pourcentage d'absorption et de diffusion de la lumière. Les émissions transparentes qui n'absorbent pas la lumière ont une transmittance de 100 p. 100 ou une opacité nulle. Les émissions opaques qui absorbent complètement la lumière ont une transmittance de 0 p. 100 ou une opacité de 100 p. 100. La précision des dispositifs de mesure de l'opacité en continu est évaluée au moyen de filtres neutres. On vérifie les transmissiomètres afin d'en déterminer la dérive du zéro, la dérive d'étalonnage et la variation des caractéristiques de leur réponse avec le temps.

2.2 Application

La méthode B s'applique à l'appareillage de surveillance en continu de l'opacité. Elle précise les normes de conception, de rendement et d'installation pour ces appareils. Elle indique les méthodes

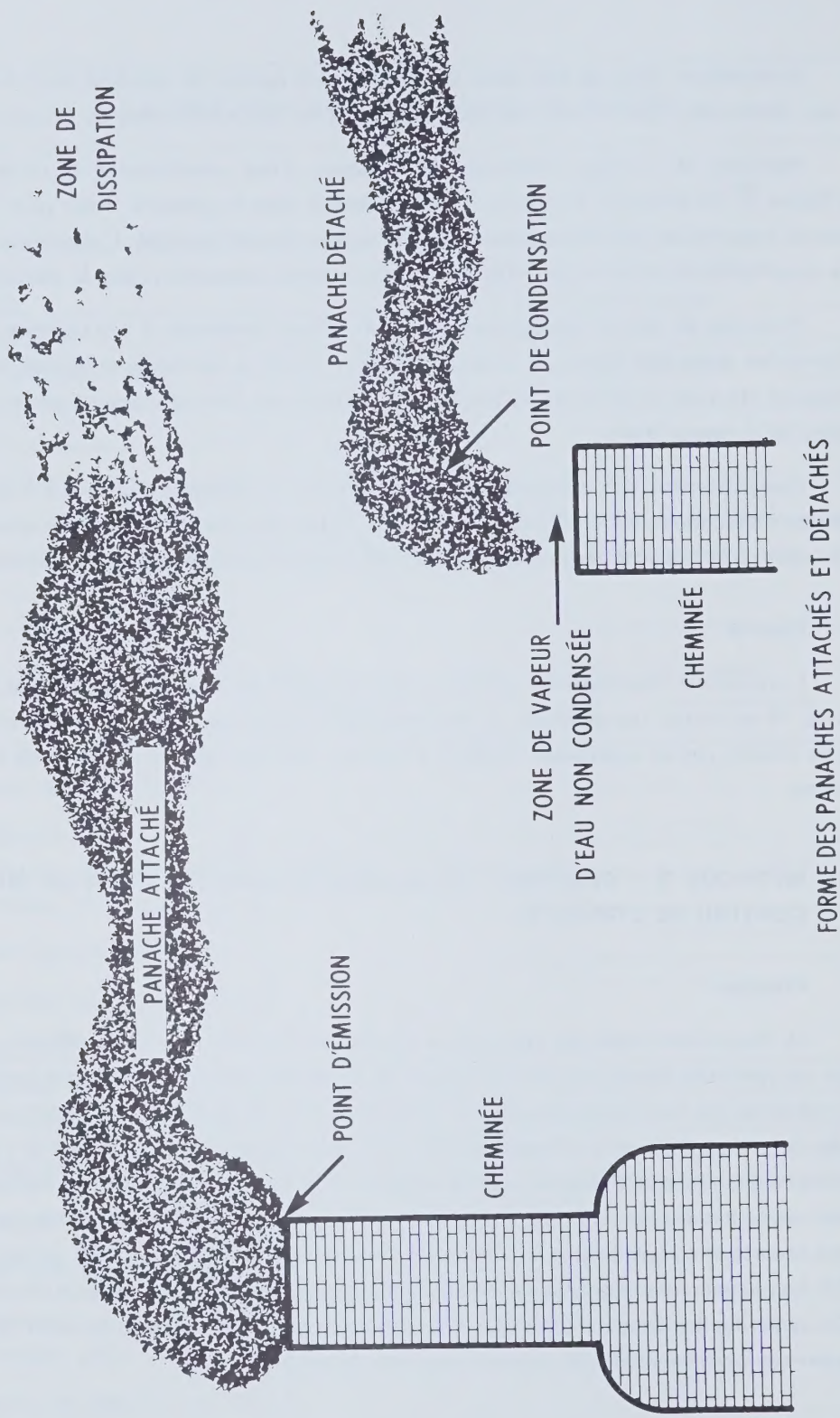


FIGURE 2 TYPES DE PANACHES

OBSERVATIONS								
				Page ____ de ____				
DATE _____				OBSERVATEUR _____				
COMPAGNIE _____				TYPE D'INSTALLATIONS _____				
ADRESSE _____				POINT D'EMISSION _____				
CONTROLE N° _____								
		Secondes				Panache de vapeur (s'il y a lieu)		Remarques
h	mn	0	15	30	45	attaché	détaché	
	0							
	1							
	2							
	3							
	4							
	5							
	6							
	7							
	8							
	9							
	10							
	11							
	12							
	13							
	14							
	15							
	16							
	17							
	18							
	19							
	20							
	21							
	22							
	23							
	24							
	25							
	26							
	27							
	28							
	29							

FIGURE 3 FORMULAIRE D'ENREGISTREMENT DES CONTRÔLES DE L'OPACITÉ

OBSERVATIONS								
				Page _____ de _____				
DATE _____				OBSERVATEUR _____				
COMPAGNIE _____				TYPE D'INSTALLATIONS _____				
ADRESSE _____				POINT D'ÉMISSIONS _____				
CONTRÔLE N° _____								
		Secondes				Panache de vapeur (s'il y a lieu)		
	mn	0	15	30	45	attaché	détaché	Remarques
	30							
	31							
	32							
	33							
	34							
	35							
	36							
	37							
	38							
	39							
	40							
	41							
	42							
	43							
	44							
	45							
	46							
	47							
	48							
	49							
	50							
	51							
	52							
	53							
	54							
	55							
	56							
	57							
	58							
	59							

FIGURE 3 FORMULAIRE D'ENREGISTREMENT DES CONTRÔLES DE L'OPACITÉ (SUITE)

de vérification, les exigences d'installation et les méthodes de calcul permettant d'évaluer si les dispositifs de surveillance sont acceptables, ces derniers devant être soumis à l'approbation du Ministre.

2.3 Définitions

2.3.1 *Dispositif d'opacimétrie en continu*: Dispositif permettant la mesure continue de l'opacité d'une émission. Il est constitué des principaux éléments suivants:

2.3.1.1 *Interface*: Fenêtre ou membrane protégeant l'analyseur contre les émissions.

2.3.1.2 *Analyseur*: Partie du dispositif de mesure, sensible à la lumière transmise, qui émet un signal dont les caractéristiques sont fonction de l'opacité.

2.3.1.3 *Enregistreur*: Élément du dispositif de mesure qui transforme le signal provenant de l'analyseur en un enregistrement permanent de l'opacité.

2.3.2 *Transmissiomètre*: L'ensemble constitué de l'interface et de l'analyseur.

2.3.3 *Déflexion maximale*: Valeur de l'opacité qui correspond au signal d'intensité maximale. On la règle conformément à la sous-section 2.4.1.

2.3.4 *Erreur d'étalonnage*: Différence entre la lecture d'opacité indiquée par le dispositif et la valeur connue d'une série d'étalons. Ces étalons consistent en une série de filtres ou de grilles de densité optique connue.

2.3.5 *Dérive du zéro*: Changement dans le signal produit, au cours d'une période précisée de fonctionnement normal en continu, quand l'opacité est nulle.

2.3.6 *Dérive d'étalonnage*: Changement dans le signal produit, au cours d'une période précisée de fonctionnement normal en continu, à une valeur connue située en haut de l'échelle, qui devrait se trouver dans la plage normale de mesure du dispositif.

2.3.7 *Réponse du dispositif*: Intervalle de temps entre le moment où se produit un changement brusque de l'opacité dans la cheminée (à l'entrée du dispositif de mesure), et le moment où l'enregistreur affiche 95 p. 100 de la valeur correspondante de cette opacité.

2.3.8 *Période de bon fonctionnement*: Période de durée minimale pendant laquelle un dispositif de mesure en continu devrait fonctionner en deçà de certaines limites de rendement sans nécessiter d'entretien, de réparations ou de réglages imprévus.

2.3.9 *Transmittance*: Fraction de la lumière incidente, transmise au travers d'un milieu optique donné.

2.3.10 *Opacité*: Fraction de la lumière incidente absorbée ou diffusée par un milieu optique donné. La relation entre l'opacité (O) et la transmittance (T) se traduit par l'équation suivante:

$$O = 1 - T$$

2.3.11 Densité optique: Expression logarithmique de la quantité de lumière absorbée ou diffusée par un milieu optique donné. La relation entre la densité optique (D), la transmittance (T) et l'opacité (O) s'exprime de la manière suivante:

$$D = -\log_{10} T$$

$$D = -\log_{10} (1 - O)$$

2.3.12 Réponse optique maximale: Longueur d'onde à laquelle l'instrument est le plus sensible.

2.3.13 Réponse spectrale moyenne: Longueur d'onde qui divise en deux parties égales l'aire totale située sous la courbe obtenue conformément à la sous-section 2.9.3.1.

2.3.14 Angle de vision: Angle maximal (total) formé par les rayonnements reçus par la cellule photo-électrique de l'analyseur.

2.3.15 Angle de projection: Angle maximal (total) formé par 95 p. 100 des rayonnements projetés par la source lumineuse de l'analyseur.

2.3.16 Trajet optique: Épaisseur de la colonne des émissions que traverse le faisceau lumineux entre le récepteur et le transmetteur d'un transmissiomètre à simple faisceau, ou épaisseur de la colonne d'émission traversée entre l'émetteur-récepteur et le réflecteur d'un transmissiomètre à réflecteur. Il y a deux sortes de trajets optiques:

2.3.16.1 Trajet optique de contrôle: Épaisseur de la colonne des émissions à l'endroit où le dispositif d'opacimétrie en continu est installé.

2.3.16.2 Trajet optique au point d'émission: Épaisseur de la colonne des émissions au point de leur rejet dans l'atmosphère.

2.4 Appareillage

2.4.1 Filtres étalonnés. Il est nécessaire d'avoir des filtres à caractéristiques spectrales neutres et de densités optiques connues à la lumière visible ou des grilles dont on connaît exactement la densité optique. Il faut utiliser des filtres étalonnés dont la précision est garantie par le fabricant à ± 3 p. 100 près. Il est nécessaire d'utiliser des filtres de densités optiques faible, moyenne et élevée pour régler le transmissiomètre aux opacités données au tableau 1.

Il est recommandé de vérifier l'étalonnage des filtres à l'aide d'un transmissiomètre photopique bien collimaté et d'une linéarité connue avant de les utiliser. Les filtres doivent être assez grands pour absorber ou diffuser tout le faisceau lumineux du transmissiomètre.

2.4.2 Enregistreur. Enregistreur analogique à diagramme ou tout autre enregistreur convenable dont la tension d'entrée est d'une gamme compatible avec le signal produit par le dispositif de mesure. La résolution des données de l'enregistreur doit être suffisante pour permettre la réalisation des essais faisant partie de la présente méthode.

TABEAU 1 DÉFLEXION MAXIMALE EN FONCTION DES DENSITÉS OPTIQUES ÉTALONS

Déflexion de l'appareil (pourcentage d'opacité)	Densités optiques de filtres étalons et, entre parenthèses, leur opacité équivalente		
	faible	moyenne	élevée
50	0,1 (20)	0,2 (37)	0,3 (50)
60	0,1 (20)	0,2 (37)	0,3 (50)
70	0,1 (20)	0,3 (50)	0,4 (60)
80	0,1 (20)	0,3 (50)	0,6 (75)
90	0,1 (20)	0,4 (60)	0,7 (80)
100	0,1 (20)	0,4 (60)	0,9 (87,5)

2.4.3 Dispositif d'opacimétrie. Il comprend un transmissiomètre (à réflecteur ou à faisceau simple) installé dans la cheminée, répondant aux caractéristiques optiques de conception précisées à la section 2.7.1 et pourvu de toutes les commandes, et des appareils permettant de garder les surfaces optiques propres.

2.5 Normes d'installation

2.5.1 Emplacement. Le transmissiomètre doit être installé à travers une section du conduit ou de la cheminée de sorte que l'écoulement des particules dans le volume optique contrôlé par le transmissiomètre soit représentatif de l'écoulement des particules dans le conduit ou la cheminée. Il est recommandé que le trajet optique de contrôle traverse tout le diamètre ou la largeur entière du conduit ou de la cheminée. Dans les installations où le trajet optique est plus court, il faut s'efforcer de choisir un emplacement de mesures qui soit représentatif de l'écoulement des particules dans le conduit ou la cheminée.

2.5.1.1 L'emplacement du transmissiomètre doit être en aval de tout dispositif d'épuration.

2.5.1.2 Le transmissiomètre doit être situé aussi loin que possible des coudes ou des obstructions.

2.5.1.3 Si le transmissiomètre est placé après un coude, il doit être installé, si possible, dans le plan formé par le coude.

2.5.1.4 Le transmissiomètre doit être installé en un endroit accessible.

2.5.1.5 Lorsque le Ministre le prescrit, le propriétaire ou l'exploitant d'une installation qui est à la source d'émissions doit établir que le transmissiomètre est situé dans une partie du conduit ou de la cheminée où la distribution des particules est uniforme ou représentative. Cette démonstration se fera en examinant le profil d'opacité de l'effluent à une série d'emplacements le long du conduit ou de la cheminée, lorsque l'usine fonctionne à régime maximal ou modéré, ou en effectuant d'autres essais acceptables par le Ministre.

2.5.2 *Tube à fente.* Les installations qui nécessitent l'utilisation d'un tube à fente doivent en utiliser un de dimensions appropriées et suffisamment foncé pour qu'il ne gêne pas l'écoulement libre des émissions à travers tout le volume optique du transmissiomètre ou pour qu'il ne réfléchisse pas la lumière dans la cellule photo-électrique du transmissiomètre. La réflexion lumineuse peut être empêchée au moyen de chicanes intérieures noircies qui empêchent le faisceau lumineux de se réfléchir sur les parois du tube, par la réduction de l'angle de projection du faisceau et de l'angle de vision de la cellule photo-électrique à un angle plus petit que la section transversale du tube à fente, ou par d'autres moyens. Le propriétaire ou l'exploitant doit démontrer que le fabricant du dispositif d'opacimétrie a fait appel aux bonnes méthodes pour réduire au minimum la réflexion lumineuse dans les dispositifs utilisant des tubes à fente.

2.5.3 *Signaux de l'enregistreur.* Le dispositif d'opacimétrie en continu doit permettre l'affichage des valeurs de l'opacité sur une échelle normalisée de 0 p. 100 à 100 p. 100 sur l'enregistreur. Comme toutes les normes d'opacité reposent sur l'opacité des émissions rejetées dans l'atmosphère, les signaux du dispositif devraient être fondés sur le trajet lumineux au point d'émission et devraient être enregistrés en permanence. Lorsque le trajet optique de contrôle diffère du trajet optique au point d'émission, il faut construire un graphique montrant la relation existant: (1) entre l'opacité enregistrée en fonction du trajet optique au point d'émission et (2) l'opacité des émissions à l'endroit où est situé l'analyseur (trajet optique de contrôle). Les contrôles de l'opacité se fondent sur le trajet optique de contrôle. Les graphiques nécessaires pour ramener les signaux de l'enregistreur au trajet optique de contrôle devraient être établis à partir de la relation suivante:

$$\log (1 - O_1) = (D_1/D_2) \log (1 - O_2)$$

où:

- O_1 = l'opacité des émissions calculée d'après D_1
- O_2 = l'opacité des émissions calculée d'après D_2
- D_1 = le trajet optique au point d'émission
- D_2 = le trajet optique de contrôle

2.6 Normes de conception des appareils optiques

Les normes de conception optique se trouvant à la sous-section 2.7.1 doivent être respectées pour que le dispositif d'opacimétrie soit conforme aux exigences de la présente méthode.

2.7 Détermination de la conformité aux normes de conception

2.7.1 Normes de conception. Il faut démontrer la conformité du dispositif d'opacimétrie en continu avec les normes de conception suivantes:

2.7.1.1 Réponse spectrale maximale. La réponse spectrale maximale devrait se situer entre 500 nm et 600 nm. La réponse à toute autre longueur d'onde au-dessous de 400 nm ou au-dessus de 700 nm devrait être inférieure à 10 p. 100 de la réponse maximale.

2.7.1.2 Réponse spectrale moyenne. La réponse spectrale moyenne devrait se situer entre 500 nm et 600 nm.

2.7.1.3 Angle de vision. L'angle de vision total ne devrait pas dépasser 5°.

2.7.1.4 Angle de projection. L'angle total de projection ne devrait pas dépasser 5°.

2.7.2 Démonstration de la conformité. Le propriétaire ou l'exploitant d'une installation ou le fabricant de l'opacimètre doivent démontrer la conformité du dispositif aux normes énoncées à la sous-section 2.7.1. Si c'est le fabricant qui le prouve, il doit certifier que les essais ont été réalisés, il doit les décrire et en fournir les résultats. Si c'est l'exploitant ou le propriétaire, ils doivent fournir les résultats et indiquer les méthodes utilisées.

2.7.3 Vérifications. La sous-section 2.7.1 donne les modalités générales permettant de démontrer la conformité des dispositifs. (Ces modalités ne s'appliquent pas à tous les modèles de dispositifs et doivent parfois être modifiées. Si l'analyseur et la conception optique sont certifiés conformes à l'angle de vision ou à l'angle de projection précisés par le fabricant, les vérifications qui autrement s'imposeraient peuvent être omises.)

2.7.3.1 Réponse spectrale. Obtenir des fabricants les données spectrales se rapportant à la cellule photo-électrique, à la source lumineuse et aux filtres du dispositif.

2.7.3.2 Angle de vision. Mettre le récepteur en place comme le précise le fabricant. Tracer un arc d'un rayon de 3 m. Mesurer le signal du récepteur en réponse à une petite source lumineuse non directionnelle (de moins de 3 cm) à intervalles de 5 cm sur l'arc, sur une distance de 26 cm de part et d'autre de l'axe central de vision du récepteur. Répéter l'essai dans le plan vertical.

2.7.3.3 Angle de projection. Mettre le projecteur en place comme le précise le fabricant. Tracer un arc d'un rayon de 3 m. À l'aide d'une cellule photo-électrique (de moins de 3 cm), mesurer l'intensité lumineuse à intervalles de 5 cm sur l'arc, sur une distance de 26 cm de part et d'autre de l'axe central de projection de la source lumineuse. Répéter l'essai dans le plan vertical.

2.8 Normes de rendement pour les dispositifs de surveillance en continu

2.8.1 Normes. Le dispositif doit répondre aux normes figurant au tableau 2 pour être considéré acceptable aux fins de la présente méthode.

TABEAU 2 CARACTÉRISTIQUE DES DISPOSITIFS DE SURVEILLANCE DE L'OPACITÉ

Paramètre	Norme
Erreur de l'étalonnage	≤ 3 p. 100 d'opacité*
Dérive du zéro (24 heures)	≤ 2 p. 100 d'opacité*
Dérive de l'étalonnage (24 heures)	≤ 2 p. 100 d'opacité*
Temps de réponse	10 secondes (maximum)
Période de bon fonctionnement	168 heures

* Exprimé par la somme de la moyenne absolue et de l'intervalle de confiance à 95 p. 100 d'une série d'essais, conformément à la sous-section 2.9.2.

2.8.2 *Vérifications.* Les modalités suivantes de vérification permettent de déterminer la conformité du dispositif aux normes énoncées au tableau 2:

2.8.2.1 *Vérification de l'erreur d'étalonnage et du temps de réponse.* Ces vérifications doivent avoir lieu avant l'installation du dispositif dans la cheminée et peuvent avoir lieu dans l'installation en question ou en d'autres endroits, à condition qu'avis convenable en soit donné. Mettre en place et étalonner le dispositif de mesure, conformément à la notice du fabricant, en ce qui a trait au trajet optique de contrôle qui servira dans l'installation. Régler l'analyseur comme on l'a précisé à sous-section 2.4.1.

Vérification de l'erreur d'étalonnage. Insérer une série de filtres étalons à mi-chemin dans le trajet optique du transmissiomètre. À cette fin, se servir d'au moins trois filtres (de densités optiques faible, moyenne et élevée) sélectionnés conformément au tableau 1 et d'une exactitude à 3 p. 100 près. Réaliser en tout cinq lectures non consécutives pour chaque filtre. Prendre note des lectures affichées par le dispositif de mesure, en pourcentage d'opacité (figure 4).

Vérification de la réponse du dispositif. Insérer cinq fois le filtre d'opacité élevée dans le trajet optique du transmissiomètre et noter le temps requis pour obtenir une réponse correspondant à 95 p. 100 des valeurs maximales du filtre et le temps requis pour revenir au bas de l'échelle (figure 5).

2.8.2.2 *Vérification sur place de la dérive du zéro et de la dérive de l'étalonnage.* Installer le dispositif de contrôle en continu et procéder aux réglages suivants:

Réglage préliminaire. Aussitôt l'installation du dispositif terminée, et, par la suite, une fois l'an, lors d'un arrêt du fonctionnement de l'usine, procéder au réglage optique et au réglage du zéro:

DONNÉES DU FILTRE ÉTALONNÉ DE DENSITÉ NEUTRE (voir la sous-section 2.8.2.1)			
Densité faible	_____	% d'opacité	Densité moyenne _____ % d'opacité
Densité élevée	_____	% d'opacité	Déflexion _____ % d'opacité
Date de l'essai	_____	Endroit	_____
Essai n°	Opacité du filtre étalonné*	Opacité enregistrée par l'analyseur (pourcentage)	Différences** (pourcentage d'opacité)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			

	faibles	Densités moyennes	élevées
Différence moyenne	_____	_____	_____
Intervalle de confiance	_____	_____	_____
Erreur d'étalonnage = (différence moyenne)** + I.C.	_____	_____	_____

- * Densités faibles, moyennes ou élevées
- ** Opacité du filtre étalonné - lecture de l'analyseur
- *** En valeur absolue

FIGURE 4 FORMULAIRE DE CALCUL DE L'ERREUR D'ÉTALONNAGE

Date de l'essai _____

Endroit _____

Opacité du filtre étalon utilisé _____ % d'opacité

Opacité à laquelle est réglée
la déflexion de l'analyseur _____ % d'opacité

Vers le 1 _____ secondes

haut de 2 _____ secondes

l'échelle 3 _____ secondes

 4 _____ secondes

 5 _____ secondes

Vers le 1 _____ secondes

bas de 2 _____ secondes

l'échelle 3 _____ secondes

 4 _____ secondes

 5 _____ secondes

Réponse moyenne _____ secondes

FIGURE 5 FORMULAIRE DE CALCUL DU TEMPS DE RÉPONSE DU DISPOSITIF

Réglage optique. Diriger le faisceau lumineux du transmissiomètre sur les surfaces optiques situées sur le parcours de l'émission (c'est-à-dire, le réflecteur ou la cellule photo-électrique, s'il y a lieu) conformément aux instructions du fabricant.

Réglage du zéro. Régler le zéro après avoir effectué le réglage optique, stabilisé le transmissiomètre (c'est-à-dire que ce dernier ne bouge plus à cause de la contraction thermique de la cheminée, du conduit, etc.), et déterminé que la cheminée est propre par une mesure d'une opacité nulle et constante. Cet ajustement se fait au moyen du réglage de la réponse du dispositif de contrôle en continu, de façon que toute vérification en conditions simulées d'opacité nulle corresponde à une vérification en conditions réelles d'opacité nulle, réalisée dans le trajet optique de contrôle au travers de la cheminée propre.

Déflexion. Régler le dispositif de contrôle aux opacités précisées à la sous-section 2.4.1 et décaler le réglage du zéro d'au moins 10 p. 100 de la déflexion, de façon à pouvoir mesurer tout décalage négatif.

Réglages finals. Après avoir fait ces premiers réglages, et que l'usine fonctionne à nouveau en ayant atteint la température normale de fonctionnement, vérifier une autre fois les réglages préliminaires. S'ils sont perturbés, revérifier le système optique, prendre note de toute différence dans l'opacité mesurée par le dispositif, qui peut être attribuée aux nouveaux réglages optiques, et en avvertir le Ministre. Ce phénomène ne signifie rien de mal en soi si l'installation est exploitée dans une gamme constante et étroite de températures, qui n'ont pas d'effet sur le réglage optique du dispositif pendant les périodes normales d'exploitation. Cependant, si la température des gaz dégagés par l'installation fluctue de telle manière qu'elle dérègle de façon significative les instruments de mesure, le Ministre peut exiger d'améliorer l'installation du transmissiomètre ou exiger son installation en un autre endroit.

Période de conditionnement. Après avoir fait les réglages après démarrage, utiliser le dispositif dans des conditions normales d'opération pendant une période de 168 heures.

Période de vérification du bon fonctionnement. Après la période de conditionnement, faire fonctionner le dispositif pendant une période additionnelle de 168 heures, en dérive du zéro. Le système doit surveiller les émissions en tout temps, sauf lorsqu'on règle le zéro ou lors de l'étalonnage. À intervalles de 24 heures, vérifier le zéro et la déflexion en suivant les instructions du fabricant. On peut alors vérifier systématiquement les miroirs internes de l'analyseur et ses circuits électroniques, y compris la lampe et la cellule photo-électrique, et simuler des conditions d'opacité nulle et des conditions d'opacité maximale pour le détecteur. Les vérifications peuvent se faire en suivant les instructions du fabricant si ces dernières sont aussi strictes que les présents modes opératoires. Chaque jour, régler le zéro et la déflexion du transmissiomètre, nettoyer toutes les surfaces optiques exposées aux émissions, régler le système optique et faire tous les autres réglages nécessaires à l'étalonnage. Tous ces réglages ne sont permis qu'à intervalles de 24 heures, ou moins si, dans ce dernier cas, les instructions du fabricant le précisent. Les corrections automatiques

effectuées par le dispositif, sans intervention du technicien, sont permises en tout temps. Les degrés des réglages apportés à la dérive du zéro ou à celle de la déflexion doivent être inscrits. Au cours de cette période, prendre note, à toutes les 24 heures, des points suivants:

- a) les valeurs du zéro et de la déflexion après l'étalonnage du dispositif (ces lectures devraient être réglées à la même valeur au début de chaque période de 24 heures);
- b) la valeur du zéro après chaque période de 24 heures de fonctionnement, mais avant le nettoyage et le réglage;
- c) la valeur de la déflexion après le nettoyage et le réglage du zéro, mais avant le réglage de la déflexion (figure 6).

2.9 Calculs

2.9.1 Valeur moyenne des séries des données

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

où $\bar{x}$ = valeur moyenne de l'ensemble des données
 x_i = valeurs de chaque donnée
 Σ = somme des valeurs des données
 n = nombre de données dans l'ensemble

2.9.2 Intervalle de confiance à 95 p. 100, des deux côtés de la valeur moyenne

$$IC_{95} = \frac{t_{.975}}{n\sqrt{n-1}} \sqrt{n \left(\sum x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{n} \right)}$$

où IC_{95} = intervalle de confiance à 95 p. 100 de la valeur moyenne
 $\sum x_i$ = somme des données
 $t_{.975}$ = voir tableau 3

2.9.3 Analyse et présentation des données

2.9.3.1 Réponse spectrale. Combiner les données spectrales obtenues conformément au paragraphe 2.7.3.1 pour construire la courbe de la réponse spectrale réelle du transmissiomètre. Indiquer la longueur d'onde à laquelle la réponse maximale a lieu, celle à laquelle la réponse moyenne a lieu et la réponse maximale à toute longueur d'onde en-dessous de 400 nm et au-dessus de 700 nm, exprimée en pourcentage de la réponse maximale, conformément à la sous-section 2.7.2.

2.9.3.2 Angle de vision. À l'aide des données obtenues conformément à la sous-section 2.7.3.2, calculer la réponse du récepteur en fonction de l'angle de vision dans les plans horizontal et vertical (arc

de 26 cm, d'un rayon de 3 m équivalent à 5°). Fournir les courbes de l'angle relatif de vision, conformément à la sous-section 2.7.2.

2.9.3.3 Angle de projection. À l'aide des données obtenues conformément à la sous-section 2.7.3.3, calculer la réponse du détecteur photo-électrique en fonction de l'angle de projection dans les plans horizontal et vertical. Fournir les courbes de l'angle relatif de projection, conformément à la sous-section 2.7.2.

2.9.3.4 Erreur d'étalonnage. À l'aide des résultats obtenus à la figure 4 (sous-section 2.8.2.1), soustraire la valeur connue d'opacité du filtre de la valeur indiquée par le dispositif de mesure pour chacune des 15 lectures. Calculer la moyenne et l'intervalle de confiance à 95 p. 100 des cinq différences mesurées pour chaque filtre, conformément aux sous-sections 2.9.1 et 2.9.2. Donner la somme de la valeur absolue de la moyenne des différences et de l'intervalle de confiance à 95 p. 100 pour chacun des trois filtres mesurés.

TABLEAU 3 VALEURS DE $t_{.975}$

n^*	$t_{.975}$
2	12,706
3	4,303
4	3,182
5	2,776
6	2,571
7	2,447
8	2,365
9	2,306
10	2,262
11	2,228
12	2,201
13	2,179
14	2,160
15	2,145
16	2,131

* Les valeurs du présent tableau sont déjà corrigées en fonction de $n-1$ degrés de liberté: négale donc le nombre de données.

2.9.3.5 *Dérive du zéro.* À l'aide des valeurs d'opacité nulle mesurées à toutes les 24 heures au cours de la vérification sur place (sous-section 2.8.2.2), calculer les différences entre le zéro après nettoyage, réglage optique et autres réglages, et la valeur du zéro 24 heures plus tard, immédiatement avant ces opérations. Calculer la moyenne de ces valeurs et les intervalles de confiance, conformément aux sous-sections 2.9.1 et 2.9.2. Donner la somme de la valeur absolue de la moyenne et de l'intervalle de confiance à 95 p. 100.

2.9.3.6 *Dérive d'étalement.* À l'aide de la déflexion mesurée à toutes les 24 heures au cours des vérifications sur place, calculer les différences entre les valeurs d'échelle après nettoyage, réglage optique et réglage du zéro et de l'échelle, et la déflexion 24 heures plus tard, juste après le nettoyage, le réglage optique et le réglage du zéro, et avant le réglage de la déflexion. Calculer la moyenne de ces valeurs et l'intervalle de confiance, conformément aux sous-sections 2.9.1 et 2.9.2. Donner la somme de la valeur absolue de la moyenne et de l'intervalle de confiance.

2.9.3.7 *Temps de réponse.* À l'aide des données obtenues à la sous-section 2.8.2.1, calculer le temps entre l'insertion du filtre et l'obtention de valeurs stables pour tous les points en-deçà et au-delà de l'échelle. Donner la moyenne des dix temps de vérification, en haut et en bas de l'échelle.

2.9.3.8 *Période de bon fonctionnement.* Au cours de la période de vérification du bon fonctionnement de 168 heures, le dispositif de surveillance en continu ne devrait pas nécessiter d'entretien, de réparations, de remplacement des pièces ni de réglages autres que ceux qui sont clairement prescrits, dans les manuels d'utilisation et d'entretien du fabricant, comme travail de routine, et qui sont prévus au cours d'une période d'une semaine. Si le dispositif fonctionne selon les paramètres précisés de bon fonctionnement, sans nécessiter d'interventions autres que celles qui sont précisées plus haut, au cours de la période de vérification, cette dernière peut être jugée concluante; sinon, la période de vérification doit être répétée. Cependant, il ne sera pas nécessaire de répéter les parties de vérifications qui auront été effectuées avec succès. Toute défaillance nécessite la répétition de la semaine de vérification du bon fonctionnement et de la partie spécifique des vérifications exigées à la sous-section 2.8.2. Tout entretien et tous les réglages réalisés doivent être pris en note. Les lectures doivent être enregistrées avant et après tous les réglages.

ANNEXE - QUALIFICATION ET EXAMEN DES OBSERVATEURS

1.1.1.1. Qualification des observateurs

Les observateurs doivent être qualifiés et agréés par le Service de l'Environnement de la Région de Bruxelles-Capitale. La qualification est accordée après avoir passé une série d'épreuves théoriques et pratiques. Les observateurs agréés sont inscrits sur une liste officielle. Les observateurs agréés sont autorisés à effectuer des observations et à émettre des avis sur la qualité de l'air.

Les observateurs agréés doivent être disponibles pour effectuer des observations et émettre des avis sur la qualité de l'air.

1.1.1.2. Examen des observateurs

Les observateurs agréés doivent être examinés régulièrement par le Service de l'Environnement de la Région de Bruxelles-Capitale. L'examen est effectué par un jury composé de représentants du Service de l'Environnement de la Région de Bruxelles-Capitale et de représentants des observateurs agréés. L'examen porte sur les connaissances théoriques et pratiques des observateurs agréés.

1.1.1.3. Formation des observateurs

1.1.1.4. Formation des observateurs

Les observateurs agréés doivent suivre une formation continue pour maintenir leurs connaissances à jour. La formation est organisée par le Service de l'Environnement de la Région de Bruxelles-Capitale. La formation porte sur les nouvelles réglementations, les nouvelles méthodes de mesure et les nouvelles techniques d'analyse.

A-1 PRINCIPE

Les candidats aux postes d'observateurs qualifiés doivent d'abord se familiariser avec des panaches de fumée blancs et noirs, d'opacité connue, produits par un générateur de fumée étalonné. Plus tard, au cours d'un examen, il leur est demandé d'attribuer des valeurs d'opacité aux émissions qui leur sont présentées.

A-2 CONDITIONS DE QUALIFICATION

Pour se qualifier comme observateur, le candidat doit pouvoir évaluer l'opacité de 25 panaches noirs et de 25 panaches blancs, par gradation de 5 p. 100, avec une erreur ne dépassant pas 15 p. 100 sur aucune lecture et avec une erreur moyenne ne dépassant pas 7,5 p. 100 dans chaque catégorie. Le candidat subira un examen conformément aux méthodes décrites à la sous-section A-4.4. Les générateurs de fumée doivent être pourvus d'un fumimètre qui répond aux exigences énumérées à la section A-3.

S'il réussit l'examen, l'observateur est qualifié pour une durée de six mois, après quoi il doit subir un autre examen pour conserver son statut.

A-3 APPAREILLAGE

Générateur de fumée. Tout générateur de fumée servant à la formation et à l'examen des observateurs devrait être pourvu d'un fumimètre permettant de mesurer sur tout le diamètre de sa cheminée l'opacité des fumées produites. Le signal de sortie du fumimètre doit correspondre à l'opacité dans la cheminée, pour un trajet optique égal au diamètre de la sortie de la cheminée, et l'afficher sur un enregistreur graphique dont l'échelle va de 0 p. 100 à 100 p. 100. Sa conception optique et son rendement doivent être tels qu'on le spécifie au tableau A-1.

A-4 MARCHE À SUIVRE

A-4.1 Principes d'étalonnage

Étalonner le fumimètre, suivant la méthode décrite à la sous-section A-4.2, avant chaque test de lecture d'opacité des fumées. À la fin de chaque essai, vérifier la dérive du zéro et celle de la déflexion. Si la dérive dépasse ± 1 p. 100, corriger avant d'entreprendre tout autre essai. Au moment de son installation, le fumimètre doit répondre aux normes exposées au tableau A-1. Il faut démontrer que le fumimètre répond toujours à ces normes après réparations ou remplacement de la cellule photo-électrique et des circuits électroniques annexes, y compris l'enregistreur ou l'appareil de mesure du signal de sortie, ou à tous les six mois (le premier cas échéant).

TABEAU A-1 NORMES RÉGISSANT LA CONCEPTION ET LE RENDEMENT DU FUMIMÈTRE

Paramètre	Spécification
Source lumineuse	Ampoule incandescente fonctionnant à une tension de régime nominale
Réponse spectrale de la cellule photoélectrique	Photopique (réponse spectrale de l'oeil humain à la lumière du jour)*
Angle de vision	Angle maximal total de 15°
Angle de projection	Angle maximal total de 15°
Étalonnage	± 3 p. 100 d'opacité (maximum)
Dérive du zéro et de l'étalonnage	± 1 p. 100 d'opacité (30 minutes)
Temps de réponse	≤ 5 secondes

* Tiré de E.U. Condon et H. Odishaw (1958). Voir référence.

A-4.2 Méthode d'étalonnage

Étalonner le fumimètre après l'avoir laissé réchauffer pendant 30 minutes, en simulant à tour de rôle des opacités de 0 p. 100 et de 100 p. 100. Lorsqu'on obtient une réponse stable à 0 p. 100 ou 100 p. 100, régler le fumimètre de façon à obtenir un signal de sortie de 0 p. 100 ou de 100 p. 100, selon le cas. Répéter cet étalonnage jusqu'à ce que des lectures de 0 p. 100 et de 100 p. 100 puissent être obtenues sans réglage. Les valeurs simulées d'opacité de 0 p. 100 et de 100 p. 100 peuvent être obtenues en fermant et en ouvrant alternativement le circuit d'alimentation de la source lumineuse pendant que le générateur de fumée ne produit aucune fumée.

A-4.3 Évaluation du fumimètre

Évaluer la conception et le rendement du fumimètre de la façon suivante:

A-4.3.1 Source lumineuse. À partir des données du fabricant et des mesures de tension faites aux bornes de l'ampoule installée, vérifier si la lampe fonctionne à ± 5 p. 100 de la tension de régime nominale.

A-4.3.2 Réponse spectrale de la cellule photo-électrique. À partir des données fournies par le fabricant, vérifier si la cellule a une réponse photopique, c'est-à-dire si sa sensibilité spectrale est très

fidèle à la courbe étalon de luminosité spectrale, en vision diurne, présentée dans le *Handbook of Physics* de E.U. Condon et H. Odishaw (voir référence).

A-4.3.3 Angle de vision. Vérifier la géométrie du montage pour s'assurer que l'angle total de vision de la colonne de fumée, telle qu'elle est perçue par la cellule, ne dépasse pas 15°. L'angle total de vision peut se calculer de la façon suivante:

$$\theta = 2 \tan^{-1} (d/2L)$$

où θ = l'angle total de vision

d = la somme du diamètre de la cellule photo-électrique
et du diamètre de l'ouverture limite

L = la distance de la cellule photo-électrique à
l'ouverture limite

L'ouverture limite est le point dans le trajet optique, entre la cellule et la colonne, où l'angle de vision est le plus réduit. Dans le cas des fumimètres des générateurs de fumée, son rôle est normalement joué par un diaphragme.

A-4.3.4 Angle de projection. Vérifier la géométrie du montage pour s'assurer que l'angle total de projection de la lampe sur la colonne de fumée ne dépasse pas 15°. L'angle total de projection peut se calculer comme suit:

$$\theta = 2 \tan^{-1} (d/2L)$$

où θ = l'angle total de projection

d = la somme de la longueur du filament de l'ampoule
et du diamètre de l'ouverture limite

L = la distance entre le filament et l'ouverture limite

A-4.3.5 Erreur d'étalonnage. À l'aide de filtres de densité neutre et d'opacité connue, déterminer la différence entre la réponse réelle et la réponse linéaire théorique du fumimètre. Cette vérification se fait d'abord par l'étalonnage du fumimètre, conformément à la sous-section A-4.2 et ensuite par l'insertion d'une série de trois filtres de densité neutre, d'opacité nominale respective de 20 p. 100, 50 p. 100 et 75 p. 100 dans le trajet optique du fumimètre. Utiliser des filtres étalonnés à ± 2 p. 100. Prendre soin, lors de l'insertion des filtres, que la lumière diffuse ne fausse pas les mesures. Effectuer en tout cinq lectures non consécutives avec chaque filtre. L'erreur maximale d'une lecture donnée ne devrait pas dépasser 3 p. 100 d'opacité.

A-4.3.6 Dérive du zéro et de la déflexion. Déterminer la dérive du zéro par l'étalonnage et la mise en marche du générateur de fumée pendant une heure. La dérive se mesure par vérification du zéro et de la déflexion à la fin de cette période.

A-4.3.7 Temps de réponse. Déterminer le temps de réponse en simulant une série de cinq valeurs d'opacité de 0 p. 100 et de 100 p. 100 et en observant le temps mis par le dispositif pour donner une réponse stable. Les valeurs d'opacité de 0 p. 100 et de 100 p. 100 peuvent être simulées en ouvrant

et en fermant alternativement le circuit d'alimentation de la source lumineuse alors que le générateur de fumée ne fonctionne pas.

A-4.4 Examen des candidats o-servateurs

L'examen consiste à montrer aux candidats une série complète de 50 panaches (25 noirs et 25 blancs) produits par un générateur de fumée. Le degré d'opacité des panaches noirs et des panaches blancs doit être présenté au hasard. Le candidat évalue l'opacité de chaque panache et inscrit ses observations sur un formulaire approprié. À la fin de chaque série de 50 lectures, on calcule le résultat de chaque candidat. Si un candidat ne répond pas aux exigences énoncées à la section A-2, il lui faudra recommencer l'examen complet des 50 lectures.

L'examen peut être donné aux fins de formation et de vérification des connaissances sur la lecture d'opacité des fumées, et il peut être précédé par des démonstrations au moyen d'un générateur de fumée, au cours desquelles les candidats se seront familiarisés avec des panaches blancs et noirs d'opacité connue.

RÉFÉRENCE

1. Condon, E.-U. et Odishaw H. (1958). *Handbook of Physics*, McGraw-Hill Co., New York, N.Y., pp. 8-52, tableau 3.1.

BIBLIOGRAPHIE

U.S. Environmental Protection Agency (1974). "Standards of Performance for New Stationary Sources", *Federal Register*, 39, (219), pp. 39872-39875 (12 novembre 1974).

U.S. Environmental Protection Agency (1975). "Standards of Performance for New Stationary Sources", *Federal Register*, 40, (194), pp. 46259-46263 (6 octobre 1975).

